

УДК 696.16

**ПРИМЕНЕНИЕ КЕКОВ, КОРРЕКТИРОВАННЫХ ИЗВЕСТНЯКОВОЙ МУКОЙ,  
В КАЧЕСТВЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА В АСФАЛЬТОБЕТОНЕ****Коротков А.В., Степанов А.С.****Научный руководитель – доцент Василовская Г.В.****Сибирский федеральный университет, г. Красноярск**

Минеральный порошок является важнейшим структурообразующим компонентом асфальтобетона. На его долю приходится 90-95 % суммарной поверхности минеральных зерен, входящих в состав асфальтобетона. Основное назначение минерального порошка состоит в том, чтобы переводить объемный битум в плёночное состояние. В таком состоянии повышается вязкость и прочность битума. Вместе с битумом минеральный порошок образует структурированную дисперсную систему, которая выполняет роль вяжущего материала в асфальтобетоне.

Другое назначение минерального порошка – заполнение мелких пор между более крупными частицами. Таким образом, присутствие необходимого количества минерального порошка способствует повышению плотности минерального остова, а, следовательно, и повышению плотности асфальтобетона. В этом смысле недостаточное количество минерального порошка связано с необходимостью увеличения количества битума для заполнения пор. Лучшими свойствами обладают порошки из карбонатных горных пород. Однако в Красноярском крае и в г. Красноярске отсутствует производство минеральных порошков. Поэтому изучались порошкообразные отходы промышленности заводов города.

Исследовались кеки – отходы завода Красцветмет. Кеки относятся, в соответствии с ГОСТ Р 52129-2003 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия», к порошкообразным отходам промышленного производства марки МП-2. Изучались химический, минералогический составы и физико-механические свойства кеков. В лаборатории физико-химических исследований СФУ определяли состав кеков комплексным методом с использованием рентгенофазового, дифференциально-термического и химического анализов.

На основании этих исследований было установлено, что основными минералами, входящими в состав кека, являются кальцит  $\text{CaCO}_3$ , гипс - полугидрат  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$  и незначительное содержание кварца  $\text{SiO}_2$ . Окислы железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  на дифрактограмме не прослеживались ввиду того, что они находились в аморфном состоянии. Химический состав кеков приводится в таблице №1.

Таблица 1

Химический состав кеков

Химический состав, % массы								
$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{SO}_3$	$\text{N}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	п.п.п.
3,20	1,36	21,39	30,55	3,15	5,54	1,0	0,02	29,14

Как видно из таблицы, химический состав кеков не соответствует требованиям ГОСТ по содержанию оксида железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (по ГОСТ суммарное содержание оксидов  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  для активированных минеральных порошков должно быть не более 7%). Также большое содержание в кеках потерь при прокаливании (по ГОСТ потерь при прокаливании должно быть не более 20%). Свободной, активной извести ( $\text{CaO}$ ) кеки не содержат, что соответствует требованиям ГОСТ (по ГОСТ содержание свободной  $\text{CaO}$  должно быть не более 3%).

Исследовались физико-механические свойства кеков. В таблице №2 представлены свойства кеков в сравнении с требованиями ГОСТ для минеральных порошков марки МП-2.

Таблица 2

Физико-механические свойства кеков

Наименование показателей	Свойства	Требования ГОСТ
Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	2,42	-
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	1,19	-
Пористость, %	50,8	Не более 40
Набухание из смеси порошка с битумом, %	2,8	Не более 3,0
Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом, %	0,65	Не менее 0,7
Показатель битумоемкости, г	107,6	Не более 80
Влажность, % по массе	0,61	Не более 2,5
Содержание водорастворимых соединений, %	23,58	Не более 6

Как видно из таблицы, по показателю битумоемкости, по содержанию водорастворимых соединений и по пористости кеки не отвечают требованиям ГОСТ.

С целью снижения содержания оксида железа Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и улучшения физико-механических свойств, проводилась корректировка кеков путем разбавления их известняковой мукой Красноярского завода ХМЗ. На основании проведенных исследований было установлено, что по физико-механическим свойствам и химическому составу скорректированные кеки отвечают всем требованиям ГОСТ.

Приготовление асфальтобетонной смеси на основе скорректированных кеков проводилось в дорожной лаборатории «Красавтодорстроя» асфальтобетонного завода (АБЗ) ДСУ-2, так как на этом заводе предполагается производственное внедрение кеков в составы асфальтобетонной смеси. Для приготовления асфальтобетона применялись: щебень, взятый из буртов АБЗ ДСУ-2 и приготовленный в карьере «Торговый дом», отсеб дробления фракции 0-10мм, взятый из штабеля АБЗ ДСУ-2 и изготовленный в ОАО «Краснокаменский рудник», природный песок, взятый из штабеля АБЗ ДСУ-2, изготовленный в карьере «Торговый дом», скорректированные известняковой мукой кеки и битум марки БНД 90/130 Уфимского нефтеперерабатывающего завода.

С использованием вышеперечисленных минеральных заполнителей и скорректированных известняковой мукой кеков был подобран состав мелкозернистого, горячего, плотного асфальтобетона типа Б, марки II, который обычно применяется для укладки верхнего слоя дорожных асфальтобетонных покрытий. Для сравнения результатов был приготовлен состав асфальтобетона на одной известняковой муке. Подбор составов асфальтобетонов проводился в соответствии с ГОСТ 9128-97 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия» по предельным кривым для плотных смесей.

Количество битума подбиралось опытным путем с учетом получения наилучших показателей по прочности и водопоглощению. Сумма минеральной части асфальтобетона принималась за 100%, а количество битума принималось сверх 100% минеральной части асфальтобетона. Рассчитанные составы асфальтобетона приводятся ниже:

Состав №1:

Щебень – 25%;  
 Отсев дробления – 50%;  
 Песок природный – 20%;  
 Скорректированные кеки – 5%;  
 Битум БНД 90/130 – 6%.

Состав №2:

Щебень – 25%;  
 Отсев дробления – 50%;  
 Песок природный – 20%;  
 Известняковая мука – 5%;  
 Битум БНД 90/130 – 6%.

Из подобранных составов была изготовлена горячая асфальтобетонная смесь и отформованы образцы – цилиндры с размерами  $d=h=71,4$  мм. Приготовление асфальтобетонной смеси в лабораторных условиях производили следующим образом:

– щебень, отсев дробления, песок и минеральный порошок были предварительно высушены, а битум обезвожен;

– щебень, отсев дробления, песок и минеральный порошок отвешивали в ёмкость, нагревали (периодически перемешивая) до температуры  $150 - 170^{\circ}\text{C}$  и добавляли требуемое количество нагретого до температуры  $130 - 150^{\circ}\text{C}$  в отдельной емкости битума.

Время, необходимое для перемешивания, устанавливали опытным путем. Это время составляло 10 – 15 мин. Перемешивание считалось законченным, если все зерна минерального материала равномерно были покрыты битумом и в готовой смеси не было его отдельных сгустков. Формование образцов проводили в металлической форме с двумя вкладышами, нагретой до температуры  $90 - 100^{\circ}\text{C}$ .

Образцы уплотнились на прессе при давлении 40 МПа в течение 3 мин. Полученные образцы испытывали на основные физико-механические показатели.

Свойства асфальтобетона на скорректированных кеках и известняковой муке в сравнении с требованиями ГОСТ для плотного асфальтобетона типа Б, II-ой марки приводятся в таблице №3

Таблица №3

Показатели	Состав №1	Состав №2	Требования ГОСТ
1. Предел прочности при сжатии, МПа:			
при $20^{\circ}\text{C}$	5,11	3,78	Не менее 2,2
при $0^{\circ}\text{C}$	8,45	6,11	Не более 12
при $50^{\circ}\text{C}$	1,93	1,07	Не менее 1,0
2. Водопоглощение, % объема	2,56	1,58	1,5-4,0
3. Коэффициент водостойкости	0,98	1,27	Не менее 0,75

Как видно из таблицы №3, асфальтобетон на скорректированных кеках имеет лучшие показатели по прочности при  $20^{\circ}\text{C}$  и  $50^{\circ}\text{C}$  по сравнению с асфальтобетоном на известняковой муке. По водостойкости и водопоглощению эти составы асфальтобетона имеют одинаковые показатели.

Также из таблицы №3 видно, что по всем показателям эти два состава асфальтобетона не только отвечают требованиям ГОСТ, но и превосходят некоторые из них, например, по показателям прочности при  $20, 50, 0^{\circ}\text{C}$  и водостойкости.

Для установления влияния оксида железа на свойства асфальтобетона будут приготовлены составы асфальтобетона на кеках, содержащих меньшее количество этого оксида. В дальнейшем предполагается внедрение разработанных составов асфальтобетона в практику дорожного строительства «Красавтдорстроя».